

Untersuchungsbericht

PX001-0/00
Februar 2001

Sachverhalt

Art des Ereignisses: Störung
Datum: 16. Februar 2000
Ort: Paderborn-Lippstadt
Luftfahrzeug: Flugzeug
Hersteller / Muster: Swearingen SA 227 AC
Personenschaden: ohne Verletzte
Sachschaden: Luftfahrzeug leicht beschädigt
Drittsschaden: keiner

Flugverlauf

Das Flugzeug eines deutschen Luftfahrtunternehmens befand sich in der Nacht des 16. Februar mit einem Kapitän, einem Co-Piloten und einem Lademeister an Bord auf einem Flug zur Frachtbeförderung von Luton in England (EGGW) nach Paderborn-Lippstadt (EDLP). Als um etwa 23:35 Uhr MESZ, im Endanflug auf den Zielflugplatz, das Fahrwerk ausgefahren wurde, nahm der Lademeister im Frachtraum (= Kabine) Rauch oder Nebel wahr und meldete dies der Flugbesatzung. Die Piloten machten von ihren Atemmasken Gebrauch und vollendeten den Landevorgang ohne weitere Schwierigkeiten. Nach dem Abstellen der Triebwerke und Öffnen der Türen klarte die Luft im Flugzeug auf. Die bereitstehende Feuerwehr musste nicht eingreifen.

Befunde am Flugzeug

Die Störung wurde der BFU bekannt, nachdem das Flugzeug in Paderborn behelfsmäßig repariert und zur Werft des Unternehmens überführt worden war. Die nachträgliche Besichtigung des Flugzeuges und Zeugenbefragung durch einen Mitarbeiter der BFU ergaben:

Unter der vorderen Bodenplatte der rechten Sitzreihe (ATA 25-20, cabin side floorboard 404) hatte das Elektrokabel (TLTLAV2-16) zum Pumpenmotor der Toilette auf dem Winkelrohr (PN 27-81006-489) der Hydraulikleitung vom Bugfahrwerk (nose gear down) aufgelegt. Am wahrscheinlichen Berührungspunkt wiesen die Kabelisolierung eine Fehlstelle und die Rohrwandung einen Krater mit einem Loch von ca. 0,2 mm auf.

Die Sicherung (circuit breaker, CB542) für den betroffenen Stromkreis hatte nicht ausgelöst. Der Vorratsbehälter für den betroffenen Hydraulikkreis war leer. In den Schotts der Bodengruppe an und in der Umgebung der genannten Beschädigungen hatte sich Hydraulikflüssigkeit niedergeschlagen und angesammelt. Zudem sah die aus einem Kunststoffgeflecht bestehende Ummantelung der Kabelbäume an einigen Stellen wie versengt aus.

Schadensanalyse

Zum Zeitpunkt der ersten Besichtigung durch Mitarbeiter der BFU waren die beschädigten Kabel und Leitungen bereits ausgebaut, die Verbindungen behelfsmäßig wieder hergestellt, alle Bauteile im Kabinenboden gereinigt, das Hydrauliksystem wieder befüllt, das Fahrwerk mehrfach ein- und wieder

ausgefahren und die elektrischen Sicherungen überprüft worden.

Die defekten Kabel- und Leitungstücke wurden in den Labors des LKA Niedersachsen in Hannover näher untersucht. Dabei sollte geklärt werden, ob und welcher Zusammenhang zwischen den Beschädigungen bestand, und ob es überhaupt zu einem Brand gekommen war:

An der Schadstelle der Hydraulik-Rohrleitung wurden aufgeschmolzene Kupferpartikel nachgewiesen. Kupferdrähte waren das Leitermaterial der untersuchten Elektrokabel. Alle vorgefundenen Verkohlungen der Kabelisolierung waren äußerlich. Die Form des Isolationsdefektes deckte sich mit der zylindrischen Form der Hydraulikleitung und die Farbe der wahrscheinlichen Kontaktfläche entsprach dem Weiß der reinen Kunststoffschmelze.

Die Kabelbäume im Flugzeug wiesen an verschiedenen Stellen weggeschmolzenes Mantelgewebe, aber nur leicht gebräunte Kabelbinder und kaum verfärbte Kabelisolierungen auf, und dies jeweils nur auf ihrer von oben zugänglichen Seite.

Die untersuchte Kabelisolierung bestand aus einer Schicht aus PTFE (bekannt als Teflon); die entnommene Ummantelung der Kabelbäume aus feinen Fasern aus PA (Polyamid); der verwendete Kabelbinder aus Streifen aus PE (Polyethylen).

Stoffwerte	Schmelzen °C	Zersetzen °C	Entflammen / Entzünden
PE Polyethylen	105 - 138	340 - 440	340 / 350
PA Polyamid	185 - 265	300 - 350	420 / 450
PTFE	327	510 - 540	560 / 580

In einer Gasflamme schmolz das Polyamidgewebe und entzündete sich, während sich die Isolierung aus PTFE nicht zu verändern schien. Erst nach längerer Einwirkung der Flamme verkohlte das PTFE. Nach dem Absetzen der Gasflamme erloschen die Flammen am Kunststoff. Ein selbsttätiger Abbrand war bei horizontaler Ausrichtung des Kabelbaumes nicht zu realisieren.

Das Polyamidgewebe zeigte bei einem Versuch über drei Tage im Kontakt mit Hydraulikflüssigkeit bei Temperaturen bis 150°C keine sichtbaren Veränderungen.

Die Hydraulikflüssigkeit (*Brayco 882, MIL H 83282*) wurde anhand der Massenspektren analysiert als komplexes Gemisch hochsiedender Kohlenwasserstoffe. Versuche zur Bestimmung der Gestalt und des Verhaltens der Flammenfront nach Zündung einer Aerosolwolke aus Hydrauliköl waren im LKA Niedersachsen nicht möglich.

Lufffahrzeug

Das Muster Swearingen SA 227 AC *Metroliner* ist ein konventioneller Tiefdecker mit zwei Propellerturbinen. Das Flugzeug bietet in seiner Kabine Raum für 20 Personen oder 2 214 kg Fracht bei einer maximalen Abflugmasse von 7 257 kg. Es erfüllt die Lufttüchtigkeitsforderungen nach FAR § 23 aus dem Jahr 1965.

Das betroffene Flugzeug mit der Werknummer AC 421B aus dem Baujahr 1987 war bis Ende 1997 in Schweden zum Verkehr zugelassen und dort zur Luftraumüberwachung eingesetzt gewesen. Zu diesem Zweck war der Rumpf mit einer aufgeschulterten Radarantenne, einer Hilfsgasturbine (APU) und einer Messausrüstung ausgestattet gewesen.

Nach einer Umrüstung zur Standardausführung ist das Flugzeug am 09.04.1998 in Deutschland in der Kategorie TP 2 (Personenbeförderung) zum Verkehr zugelassen worden. Es dient bei dem Luffahrtunternehmen als Mehrzwecktransporter.

Die letzte Instandhaltungsmaßnahme war ein *Service Check* am 15.02.00 nach einer Gesamtbetriebszeit des Luffahrzeuges von 6820 Stunden.

Nach 9000 Betriebsstunden, bzw. in diesem Intervall, ist eine *Special Inspektion* vorgesehen. Im betreffenden Formblatt 304 des Herstellers ist unter anderem aufgeführt:

1. *inspect under cabin side floorboards:*

(d) *Inspect wiring under floorboards for evidence of overheating, chafing, proper routing and clamping.*

Das *Hydraulic Power Pack* beinhaltet ca. 2 Liter Hydrauliköl und arbeitet mit einem Druck von ca. 120 bis 150 bar. Es wurde nach Auskunft des Wartungspersonals zuletzt im Dezember 1999 überprüft und erforderte kein Nachfüllen.

Besatzung

Der verantwortliche Luffahrzeugführer war im Besitz einer Erlaubnis für Verkehrsflugzeugführer (ATPL) und hatte nach eigenen Angaben eine Erfahrung von 2 000 bis 2 500 Stunden auf dem Muster SA 227 *Metroliner*.

Zum Zeitpunkt der Störung war er Pilot am Steuer.

Beurteilung

Ereignisse

Die gegebenen Einbauverhältnisse, die festgestellten Veränderungen an den Bauteilen und das erprobte Verhalten der Werk- und Betriebsstoffe deuten darauf hin, dass drei Vorgänge zu unterscheiden sind.

1. Die Ummantelung der Kabelbäume im Unterflur zerschmolz und verbrannte an verschiedenen Stellen durch Erhitzung von oben. Temperatur und Wärmestrom waren dabei so bemessen und örtlich begrenzt, dass sich die Kabelisolierungen nicht sichtbar veränderten und benachbarte Kabelbinder nicht schmolzen.

2. Die Isolierung des Elektrokabels (TLTLAV2-16) schmolz infolge Temperaturen über 300 °C oder rieb sich an der Kontaktstelle mit der Hydraulikleitung (PN 27-81006-489) infolge Schwingungen bis auf die Kupferdrähte ab. Beim wiederholten Kontakt des blank gelegten Leiters mit dem metallenen Rohr wurde durch Entladen der Gleichspannung von 28 V mittels Funken ein Krater in die Rohrwand erodiert.

3. Das Hydrauliköl strömte aus und vernebelte den Unterflur und schließlich auch die Kabine, nachdem die Funkenerosion ein Loch im dem Rohr erzeugt hatte und zum Ausfahren des Fahrwerks ein Druck von 120 bis 150 bar anlag.

Brand

Bei einem Brand des Aerosols aus Hydrauliköl wäre zu erwarten gewesen, dass sich der Brennstoff verzehrt und Ruß entsteht. Es stand nach der Landung jedoch noch eine beträchtliche Menge Hydrauliköl (flüssige Phase) im Unterflur. Außerdem wurden auf den Bauteiloberflächen keine Ablagerungen von Ruß entdeckt. Beim Reinigen wären derartige Rückstände nicht restlos entfernt worden.

Die BFU geht somit davon aus, dass es im Rahmen der gemeldeten Störung zu keinem Brand im Flugzeug gekommen war.

Mit der Existenz eines Aerosols aus Hydraulikflüssigkeit und von Funken durch einen elektrischen Kurzschluss hätte ein Feuer entstehen können. Wahrscheinlich verhinderte die geringe Leistung der Zündquelle einen Brand. Die elektrische Energie beim Kurzschluss war so gering, dass die Sicherung des Stromkreises nicht ansprach.

Der stellenweise Abbrand der Ummantelung von Kabelbäumen erscheint zu einem früheren Zeitpunkt herbeigeführt worden zu sein. Es ist denkbar, dass die Kabel mittels Heißluft für eine Behandlung freigelegt worden waren.

Verkabelung

Bei der Umrüstung vom Messflugzeug auf den Standard für Personentransport waren mit großer Wahrscheinlichkeit auch Arbeiten an den Kabelbäumen im betrachteten Bereich erforderlich. Mit diesen Arbeiten dürfte in Zusammenhang stehen, dass sich ein Elektrokabel und eine Hydraulikleitung berührten.

Um einen unsachgemäßen Zustand, wie diesen, zu vermeiden, bedarf es nach Auffassung der BFU keiner besonderen Anweisung. Es sollte genügen, wenn die Arbeiten an der Flugzeugelektrik durch qualifiziertes Personal durchgeführt und kontrolliert wird.

Der vorliegende Mangel hätte unter normalen Umständen erst wieder bei der Sonderinspektion nach 9 000 Betriebsstunden entdeckt werden können, da der betreffende Bereich am Flugzeug bis dahin keiner Sichtkontrolle unterliegt.

Schlussfolgerungen

Die Störung, bei der es nur aufgrund der geringen Leistung der vorhandenen Zündquelle nicht zu einem Feuer an Bord gekommen war, ist auf eine unsachgemäße Verlegung und Behandlung von elektrischen Kabeln im Flugzeug zurückzuführen.

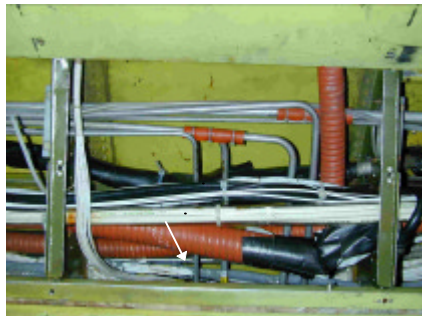
Untersuchungsführer Gernot Leibe

Mitwirkung Fritz Kühne

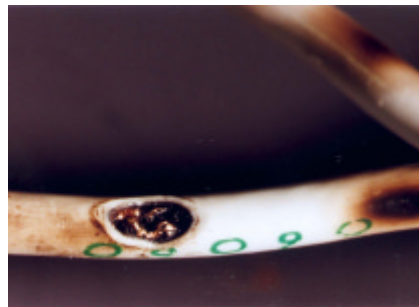


Kabine des Flugzeuges SA 227 AC
 Rechter Unterflur mit Hydraulikleitungen und Kabelbäumen
 Positionen A und B werden weiter unten beschrieben

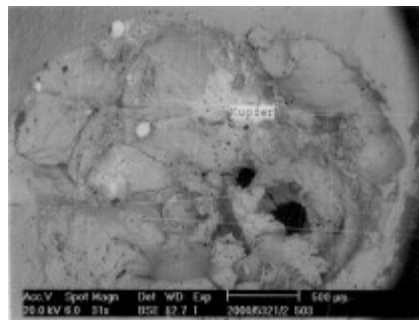
Lage des Berührungspunktes der bereits entfernten Bauteile:
 Winkelrohr (PN 27-81006-489) der Hydraulikleitung vom Bugfahrwerk und 28 V Elektrokabel (TLTLAV2-16) zum Pumpenmotor der Toilette



Position (A)
 Schadstelle am Kabelbaum, wie bei (B) gekennzeichnet durch eine versengte Ummantelung aus Polyamid-Gewebe aber kaum beeinträchtigte Kabelisolierungen aus PTFE und Kabelbinder aus Polyethylen



Position (B)
 Defekt an der Isolierung aus PTFE gekennzeichnet durch einen weißen Lochrand und blank liegende Leiter aus Kupferdrähten
 Daneben, verkohlte Oberflächen



Position (B)
 Krater im Rohrmantel aus Aluminium gekennzeichnet durch ein Loch von 0,2 mm Durchmesser und mehrere aufgeschmolzene Kupferpartikel